

KAJIAN PORTAL BAJA SRPMB (ELASTIS) DAN PORTAL BAJA SRPMK (DAKTAIL) BERDASARKAN SNI 03-1726-2012 DAN SNI 03-1729-2002

Hamdany Auliya, Sarwiasih Tri Purboningrum, Han Ay Lie^{*)}, Himawan Indarto^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Di Indonesia telah ditetapkan peraturan gempa yang baru yaitu SNI 03-1726-2012, maka perencanaan struktur tahan gempa dilakukan dengan mengacu pada peraturan gempa yang baru tersebut, pembaharuan ini dilakukan karena peraturan gempa yang lama sudah tidak sesuai lagi untuk diterapkan dengan terjadinya gempa besar di Indonesia. Di dalam SNI 03-1726-2012 maupun SNI 03-1729-2002 sudah dicantumkan persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) maupun Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Maksud dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengkaji sistem struktur antara portal baja SRPMB (elastis) dan portal baja SRPMK (daktail) berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1729-2002 pada wilayah kegempaan menengah dan wilayah kegempaan tinggi dengan masing-masing kondisi tanah yang berbeda, sehingga bisa diperoleh tipe/ sistem struktur yang sesuai untuk wilayah kegempaan menengah dan tinggi untuk struktur baja. Analisis struktur dihitung dengan bantuan program software struktur, dengan pemodelan struktur portal baja dua dimensi. Metode analisis beban gempa yang digunakan yaitu metode analisis dinamik spektrum respons ragam. Proses analisis menggunakan model gedung 8 lantai, 10 lantai dan 12 lantai pada wilayah kegempaan menengah yaitu Semarang dan kegempaan tinggi yaitu Banda Aceh dengan masing-masing kondisi tanah yang berbeda, yaitu tanah keras, sedang dan lunak. Hasil analisis menunjukan besarnya beban gempa nominal pada wilayah Banda Aceh kurang lebih sebesar 164% dari beban gempa nominal pada wilayah Semarang. Pada wilayah Semarang maupun wilayah Banda Aceh dengan berbagai kondisi tanah, beban gempa nominal pada portal baja SRPMB kurang lebih sebesar 228,6% dari beban gempa nominal pada portal baja SRPMK. Portal baja SRPMK mampu mereduksi beban gempa kurang lebih sebesar 87,5% dari beban gempa rencana sedangkan portal baja SRPMB mampu mereduksi beban gempa kurang lebih sebesar 71,4% dari beban gempa rencana baik pada wilayah Semarang maupun Banda Aceh. Perencanaan portal baja di wilayah Banda Aceh atau wilayah kegempaan tinggi disarankan menggunakan tipe/sistem struktur SRPMK, sedangkan pada wilayah Semarang atau wilayah kegempaan menengah bisa menggunakan tipe struktur SRPMB maupun tipe struktur SRPMK.

kata kunci : *respon gempa, respon dinamik, daktail, elastik, struktur baja*

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

ABSTRACT

The most current Indonesia National Standard on earthquakes SNI 03-1726-2012 is designed to anticipate the latest earthquake events in the past decade. This standard as well as the former SNI 03-1729-2002 incorporates the guidance for Ordinary Moment Resisting Frame Systems (SRPMB) and Special Moment Resisting Frame Systems (SRPMK). This study evaluates the performance steel frames based on the two standards for high, and intermediate seismic regions with a variation in soil conditions. The aim of this study was to obtain the most appropriate structural steel system for high and intermediate earthquake regions. The analysis was performed with the aid of a structural analysis program, and approached as a two-dimensional case. The response of earthquake loads was analyzed by the dynamic response spectrum modal analysis on 8, 10 and 12 storey buildings. The Semarang area was chosen for the intermediate seismic response, while Banda Aceh functioned a prototype for the high seismic area. Three soil types were taken into consideration; hard, medium and soft soil. The study showed that the nominal of the earthquake load in the area of Banda Aceh was approximately equal to 164% of the nominal earthquake load in Semarang. For the variations in soil type it was found that for the Semarang as well as the Banda Aceh region, the nominal earthquake loads on a steel structure based on the SRPMB was approximately equal to 228,6% to the SRPMK. Further it was concluded that the SRPMK steel structure was able to reduce the earthquake load by approximately 87,5% as compared to the SRPMB steel structure that resulted in an earthquake load reduction of 71,4%. It was therefore advised to use the SRPMK in designing steel structures for areas in high seismic regions, while for the medium seismic regions the both the SRPMB and the SRPMK method will yield in an optimum design.

keywords: *seismic response, dynamic response, ductility, elasticity, steel structures.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terjadi gempa, oleh karena itu diperlukan perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang baik agar pada waktu terjadi gempa bumi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa dapat dihindari.

Beberapa tahun ini di Indonesia banyak terjadi gempa besar, oleh karena itu dilakukan pembaharuan mengenai peraturan gempa, karena peraturan gempa yang lama sudah tidak sesuai lagi untuk diterapkan. Peraturan gempa di Indonesia yang dipakai sebelumnya yaitu SNI 03-1726-2002, sedangkan peraturan gempa baru yang dipakai yaitu SNI 03-1726-2012.

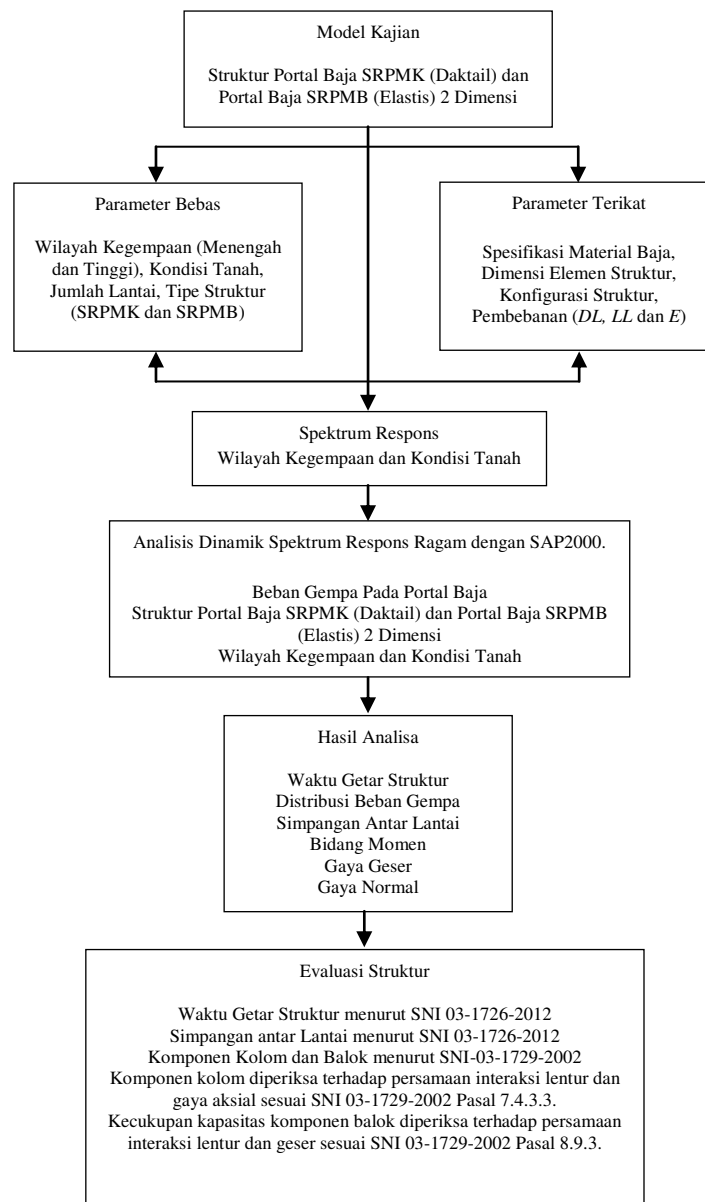
Dalam Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012) maupun Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002) sudah dicantumkan persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) maupun Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), oleh karena itu dalam laporan Tugas Akhir ini akan dikaji bagaimana sistem struktur antara portal baja SRPMB (elastis) dan portal baja SRPMK (daktail) pada wilayah kegempaan menengah dan wilayah kegempaan tinggi dengan masing-masing kondisi tanah yang berbeda dengan peraturan gempa yang baru sehingga dapat diperoleh tipe struktur baja yang sesuai pada kedua wilayah tersebut.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengkaji sistem struktur antara portal baja SRPMB dan portal baja SRPMK berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1729-2002 pada wilayah kegempaan menengah dan wilayah kegempaan tinggi dengan masing-masing kondisi tanah yang berbeda.

METODOLOGI

Garis besar langkah – langkah kajiandisajikan dalam *flowchart* berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Model Struktur

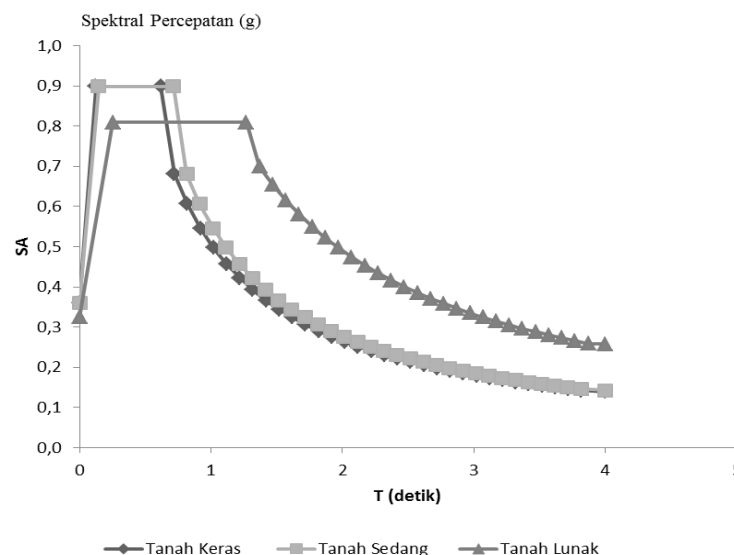
Model yang dibuat adalah struktur portal baja dua dimensi dengan sistem struktur penahan gaya gempam menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Struktur direncanakan terlebih dahulu mengacu pada standar SNI 03-1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) dan SNI 03-1729-2002 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung). Adapun data – data portal yang dikaji adalah sebagai berikut:

- Gedung terdiri dari 8 lantai, 10 lantai dan 12 lantai, dengan lebar 6 meter, jarak antar portal 5 meter, dan tinggi tiap lantai yaitu 3,5 meter;
- Dengan $t_{plat} = 12$ cm, jenis baja BJ 37, $f_u = 370$ (MPa), $f_y = 240$ (MPa);
- Fungsi gedung untuk perkantoran;
- Dimensi balok yang dipakai WF 700.300.13.24 dan kolom WF 400.400.13.21.

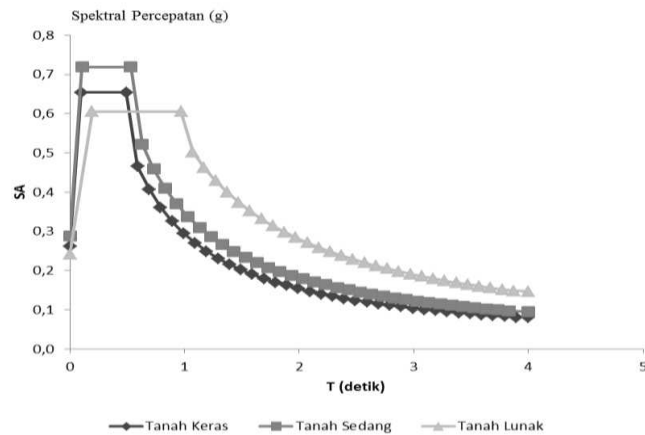
Analisis Terhadap Beban Gempa

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012), dimana analisis beban gempa struktur gedung dilakukan dengan metode analisis dinamik spektrum respons ragam terhadap model kajian dengan tiga kondisi tanah yang berbeda.

Dalam kajian ini cara menentukan spektrum respons desain diperoleh dari situs puskim.pu.go.id



Gambar 2. Respon Spektrum Banda Aceh



Gambar 3. Respon Spektrum Semarang

Hasil Analisis

a. Pemeriksaan Waktu Getar Struktur

Waktu getar struktur diperiksa menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2 dan Pasal 7.8.2.1.

T_a untuk gedung < 12 tingkat : $T_a = 0,1.(N)$,

N : Jumlah tingkat

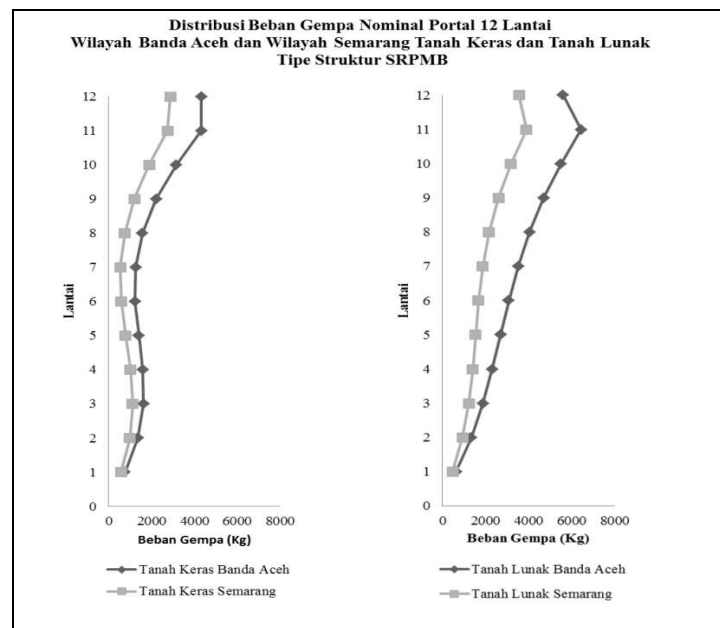
Waktu getar alami maksimum yang diijinkan dari struktur gedung :

$T_{max} = C_u.(T_a)$, C_u = koefisien untuk batas atas perioda yang dihitung.

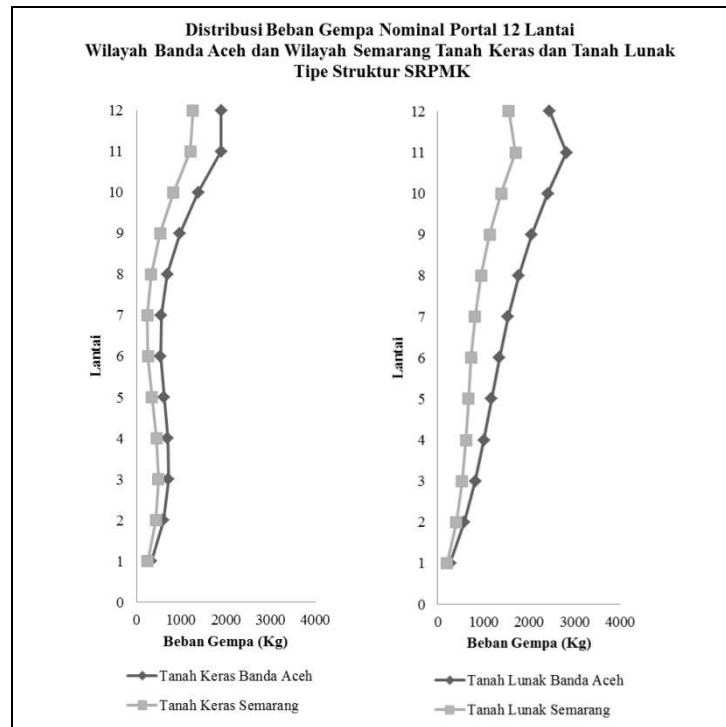
Hasil pemeriksaan waktu getar struktur semua struktur memenuhi persyaratan.

b. Distribusi Beban Gempa Nominal

Dari hasil analisis, distribusi beban gempa nominal dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Distribusi Beban Gempa Nominal Portal 12 Lantai Wilayah Banda Aceh dan Wilayah Semarang untuk Tanah Keras dan Tanah Lunak Tipe Struktur SRPMB



Gambar 5. Distribusi Beban Gempa Nominal Portal 12 Lantai Wilayah Banda Aceh dan Wilayah Semarang untuk Tanah Keras dan Tanah Lunak Tipe Struktur SRPMK

Berdasarkan gambar distribusi beban gempa nominal, wilayah Banda Aceh menerima beban gempa nominal lebih besar daripada gempa nominal pada wilayah Semarang, hal ini dipengaruhi oleh spektrum respons desain pada masing-masing wilayah tersebut, dari spektrum respons desain pada wilayah Banda Aceh didapatkan nilai percepatan respons spektra (S_a) yang lebih besar daripada Wilayah Semarang. Berdasarkan hasil analisis besarnya beban gempa nominal pada wilayah Banda Aceh kurang lebih sebesar 164% dari beban gempa nominal pada wilayah Semarang. Pada wilayah Semarang dan Banda Aceh untuk struktur SRPMK (daktail) dan SRPMB (elastis) terlihat bahwa semakin lunak kondisi tanah beban gempa nominalnya semakin besar, hal ini disebabkan karena nilai percepatan respons spektra desain (S_a) semakin besar.

Hasil studi Hayashi (1971) sebagaimana disampaikan oleh Seed dkk (1976) dalam Widodo (2012), menunjukkan bahwa bentuk spektrum dipengaruhi secara signifikan oleh kepadatan tanah. Kondisi tanah memberikan efek terhadap bentuk spektrum, karena masing-masing kondisi tanah memberikan efek yang berbeda-beda terhadap percepatan tanah dipermukaan akibat getaran gempa. Berdasarkan berbagai hasil penelitian, kondisi tanah keras cenderung mempunyai frekuensi yang tinggi dan periode getaran yang relatif kecil, hal ini mengakibatkan puncak spektrum yang paling tinggi terjadi pada periode getar yang relatif kecil dan menurun secara tajam pada periode getar yang semakin besar. Kondisi sebaliknya terjadi pada kondisi tanah yang lunak, sehingga bentuk spektrum menjadi berbeda-beda.

Portal baja dengan tipe SRPMK mampu mereduksi beban gempa kurang lebih sebesar 87,5% dari beban gempa rencana, sedangkan tipe struktur SRPMB mampu mereduksi

beban gempa kurang lebih sebesar 71,43% dari beban gempa rencana baik pada wilayah Semarang maupun wilayah Banda Aceh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa distribusi beban gempa nominal pada tipe struktur SRPMB menerima beban gempa lebih besar daripada tipe struktur SRPMK. Pada wilayah Semarang maupun wilayah Banda Aceh dengan berbagai kondisi tanah, beban gempa nominal pada tipe struktur SRPMB kurang lebih sebesar 228,57% dari beban gempa nominal pada tipe struktur SRPMK, hal ini karena dipengaruhi oleh faktor modifikasi respon tipe struktur SRPMK lebih besar daripada tipe struktur SRPMB atau tingkat daktilitas tipe struktur SRPMK yang lebih besar, sehingga beban gempa pada tipe struktur SRPMK tereduksi menjadi lebih kecil.

Tabel 1. Persentase Beban Gempa Nominal Terhadap Beban Gempa Rencana

Wilayah	Jumlah Lantai	Kondisi Tanah	Persentase Beban Gempa Nominal terhadap Beban Gempa Rencana (%)		Beban Gempa yang Tereduksi (%)	
			SRPMK	SRPMB	SRPMK	SRPMB
Semarang	8 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43
	10 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43
	12 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43
	8 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43
Banda Aceh	10 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43
	12 Lantai	Keras	12.5	28.57	87.5	71.43
		Sedang	12.5	28.57	87.5	71.43
		Lunak	12.5	28.57	87.5	71.43

c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Pemeriksaan Simpangan antar lantai diperiksaberdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1 Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kategori risiko II adalah :

$\Delta a = 0,025 \times h_{sx}$, dimana :

Δa : simpangan lantai ijin

h_{sx} : tinggi tingkatdi bawah tingkat x

Dari hasil analisis simpangan antar lantai semua portal baja memenuhi syarat.

Tabel 2. Persentase Beban Gempa Nominal SRPMB (elastis) terhadap SRPMK (daktail)

Wilayah	Jumlah Lantai	Kondisi Tanah	Beban Gempa Nominal (Kg)		Persentase SRPMB terhadap SRPMK
			SRPMK	SRPMB	%
Semarang	8 Lantai	Keras	6490.893	14836.326	228.57
		Sedang	7620.780	17418.926	228.57
		Lunak	12263.163	28030.086	228.57
	10 Lantai	Keras	6524.418	14912.954	228.57
		Sedang	7641.820	17467.017	228.57
		Lunak	11032.995	25218.274	228.57
	12 Lantai	Keras	6633.850	15163.086	228.57
		Sedang	7785.210	17794.766	228.57
		Lunak	10731.543	24529.240	228.57
Banda Aceh	8 Lantai	Keras	10923.370	24967.703	228.57
		Sedang	12549.935	28685.566	228.57
		Lunak	17010.938	38882.143	228.57
	10 Lantai	Keras	10894.318	24901.297	228.57
		Sedang	12305.238	28126.257	228.57
		Lunak	20190.730	46150.240	228.57
	12 Lantai	Keras	10917.155	24953.497	228.57
		Sedang	12241.300	27980.114	228.57
		Lunak	18314.868	41862.554	228.57

d. Pemeriksaan Balok dan Kolom

Kecukupan kapasitas komponen balok diperiksa terhadap persamaan interaksi lentur dan geser sesuai SNI 03-1729-2002 Pasal 8.9.3 :

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

Komponen kolom diperiksa terhadap persamaan interaksi lentur dan gaya aksial sesuai SNI 03-1729-2002 Pasal 7.4.3.3 :

Untuk $N_u/(\phi N_n) \geq 0.2$:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1$$

Untuk $N_u/(\phi N_n) < 0.2$:

$$\frac{N_u}{2\phi N_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1$$

Hasil pemeriksaan balok dan kolom dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. *Stress Rasio* Balok dan Kolom

Wilayah	Jumlah Lantai	Tipe Struktur	Kondisi Tanah	<i>Stress Rasio</i>	
				Balok	Kolom
Semarang	8	SRPMK (Daktail)	Keras	0.142	0.440
			Sedang	0.156	0.454
			Lunak	0.213	0.522
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.239	0.567
			Sedang	0.270	0.616
			Lunak	0.402	0.825
	10	SRPMK (Daktail)	Keras	0.143	0.520
			Sedang	0.157	0.535
			Lunak	0.201	0.579
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.242	0.649
			Sedang	0.273	0.703
			Lunak	0.374	0.877
Banda Aceh	12	SRPMK (Daktail)	Keras	0.145	0.601
			Sedang	0.159	0.616
			Lunak	0.198	0.655
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.246	0.732
			Sedang	0.278	0.790
			Lunak	0.368	0.965
	8	SRPMK (Daktail)	Keras	0.195	0.496
			Sedang	0.215	0.526
			Lunak	0.270	0.613
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.360	0.762
			Sedang	0.406	0.787
			Lunak	0.532	1.036
Banda Aceh	10	SRPMK (Daktail)	Keras	0.197	0.576
			Sedang	0.215	0.603
			Lunak	0.314	0.774
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.364	0.861
			Sedang	0.405	0.932
			Lunak	0.633	1.330
	12	SRPMK (Daktail)	Keras	0.198	0.657
			Sedang	0.215	0.679
			Lunak	0.293	0.828
		SRPMB (Elastis)	Keras	0.366	0.955
			Sedang	0.405	1.031
			Lunak	0.585	1.376

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Balok dan Kolom Berdasarkan Stress Rasio

Potol	Tipe Struktur	Kondisi Tanah	Hasil Pemeriksaan			
			Semarang		Banda Aceh	
			Balok	Kolom	Balok	Kolom
8 Lantai	SRPMK (Daktail)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Aman
	SRPMB (Elastis)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman
10 Lantai	SRPMK (Daktail)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Aman
	SRPMB (Elastis)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman
12 Lantai	SRPMK (Daktail)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Aman
	SRPMB (Elastis)	Keras	Aman	Aman	Aman	Aman
		Sedang	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman
		Lunak	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukandalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi tanah pada suatu wilayah mempengaruhi besarnya beban gempa yang diterima oleh struktur portal baja tipe SRPMK (daktail) maupun portal baja tipe SRPMB (elastis), semakin lunak kondisi tanah pada suatu wilayah beban gempa yang diterima oleh struktur pada wilayah tersebut semakin besar, karena semakin lunak kondisi tanah pada suatu wilayah maka nilai percepatan respons spektra desain (S_a) semakin besar;
2. Besarnya beban gempa nominal pada wilayah Banda Aceh kurang lebih sebesar 164% dari beban gempa nominal pada wilayah Semarang;
3. Pada wilayah Semarang maupun wilayah Banda Aceh dengan berbagai kondisi tanah, beban gempa nominal pada portal baja SRPMB kurang lebih sebesar 228,6% dari beban gempa nominal pada portal baja SRPMK, dikarenakan portal SRPMK mempunyai kemampuan mereduksi beban gempa yang lebih besar daripada portal SRPMB;
4. Portal baja dengan tipe struktur SRPMK mampu mereduksi beban gempa kurang lebih sebesar 87,5% dari beban gempa rencana sedangkan tipe struktur SRPMB mampu mereduksi beban gempa kurang lebih sebesar 71,4% dari beban gempa rencana baik pada wilayah Semarang maupun Banda Aceh;
5. Hasil analisa menunjukkan bahwa tipe struktur portal baja SRPMB maupun portal baja SRPMK pada wilayah Semarang dengan ketinggian 8 lantai, 10 lantai dan 12 lantai dengan berbagai kondisi tanah masih aman digunakan, tetapi pada wilayah Banda Aceh

tipe portal baja SRPMB dengan ketinggian 8 lantai dan 10 lantai dengan kondisi tanah lunak tidak aman digunakan, sedangkan pada portal 12 lantai tipe struktur SRPMB untuk kondisi tanah sedang dan lunak sudah tidak aman digunakan.

SARAN

1. Sebaiknya dalam perencanaan portal baja di wilayah Banda Aceh atau wilayah kegempaan tinggi disarankan menggunakan tipe struktur SRPMK (daktail), sedangkan dalam perencanaan portal baja di wilayah Semarang atau wilayah kegempaan menengah bisa menggunakan tipe struktur SRPMB (elastis) maupun tipe struktur SRPMK (daktail);
2. Pada tipe struktur SRPMK (daktail) diperlukan detailing khusus pada sambungan sedangkan pada struktur SRPMB (elastis) tidak memerlukan detailing khusus;
3. Model kajian yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah model struktur beraturan, untuk pengembangan selanjutnya perlu dilakukan analisis terhadap struktur tidak beraturan.

DAFTAR PUSTAKA

- A., Hanggoro Tri Cahyo, dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Shortcourse Teknik Sipil UNNES 2013. Semarang.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Nasional Indonesia : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-1729-2002. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Standar Nasional Indonesia : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 03-1726-2012. Jakarta : BSN.
- Budiono, Bambang dan Lucky Supriatna. 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Bandung : Penerbit ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Indarto, Himawan. 2004. *Rekayasa Gempa*. Buku Ajar. Semarang : Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman-Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Desain Spektra Indonesia*. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Salmon, C.G., dan Jhonson, J.E., 1992. *Struktur Baja Desain dan Perilaku I Edisi ketiga*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta : Erlangga.
- Wangsadinata, Wiratman. 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI 2006. Jakarta.